

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-351897

(P2001-351897A)

(43)公開日 平成13年12月21日(2001. 12. 21)

(51)Int.Cl.

識別記号

F I

テ-マ-ト* (参考)

H 0 1 L 21/3065

C 2 3 F 4/00

A 4 K 0 5 7

C 2 3 F 4/00

H 0 1 L 21/302

B 5 F 0 0 4

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 9 頁)

(21)出願番号

特願2000-167726(P2000-167726)

(22)出願日

平成12年6月5日(2000.6.5)

(71)出願人 000191238

新日本無線株式会社

東京都中央区日本橋横山町3番10号

(72)発明者 佐藤 政明

埼玉県上福岡市福岡二丁目1番1号 新日

本無線株式会社川越製作所内

Fターム(参考) 4K057 DA02 DA12 DA13 DA16 DB06

DB17 DD01 DD08 DE20 DG15

DM20 DM40

5F004 AA01 AA02 AA06 BA20 BB13

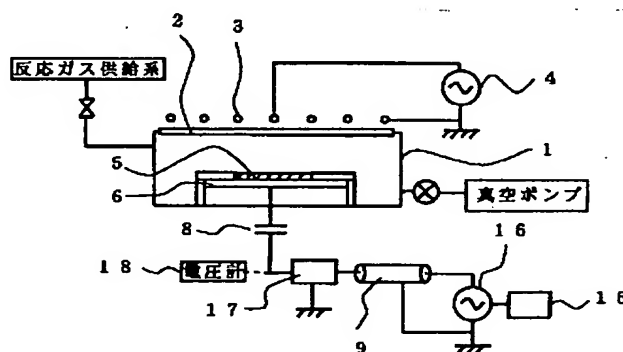
CA03 DA00 DA04 DA26 DB02

(54)【発明の名称】 プラズマエッチング装置

(57)【要約】

【課題】 電子を確実に加速することができるプラズマエッチング装置を提供する。

【解決手段】 チャンバ内にプラズマを発生させるとともに、被処理物を載置させた電極にキャパシタを介して、所定の繰り返し周期を持つパルス電圧を印加することにより、被処理物を処理するプラズマエッチング装置であって、所定の負電圧から所定の正電圧に立ち上がる立ち上がり時間が、0より大きく、5 ns未満であり、電極に電子が流れ込む時間が、0より大きく、繰り返し周期の5分の1以下となるように、パルス幅および所定の正電圧から所定の負電圧に立ち下がる立ち下がり時間を設定したパルス電圧を電極に印加する構成とする。



BEST AVAILABLE COPY

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 チャンバー内にプラズマを発生させるとともに、被処理物を載置させた電極にキャパシタを介して、所定の繰り返し周期を持つパルス電圧を印加することにより、前記被処理物を処理するプラズマエッチング装置において、

所定の負電圧から所定の正電圧に立ち上がる立ち上がり時間が、0より大きく、5 ns未満に設定され、前記電極に電子が流れ込む時間が、0より大きく、前記繰り返し周期の5分の1以下となるように、パルス幅および前記所定の正電圧から前記所定の負電圧に立ち下がる立ち下がり時間が設定されたパルス電圧を前記電極に印加することを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項2】 請求項1記載のプラズマエッチング装置において、前記電極に電子が流れ込む時間を、前記電極に印加される電圧の正の最高値から電子温度の5倍の電圧まで下がる時間とし、前記パルス電圧のパルス幅及び前記所定の正電圧から前記所定の負電圧に立ち下がる立ち下がり時間が設定されていることを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項3】 チャンバー内にプラズマを発生させるとともに、被処理物を載置させた電極にキャパシタを介して、特定の繰り返し周期を持つパルス電圧を印加することにより、前記被処理物を処理するプラズマエッチング装置において、

所定の負電圧から所定の正電圧に立ち上がる立ち上がり時間が、0より大きく、5 ns未満に設定され、前記パルス幅が、前記繰り返し周期の10分の1以下に設定され、所定の正電圧から所定の負電圧に立ち下がる立ち下がり時間が、0より大きく、前記繰り返し周期の5分の3未満に設定されたパルス電圧を前記電極に印加することを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項4】 請求項1乃至3いずれか記載のプラズマエッチング装置において、前記パルス電圧は、所定の正電圧から所定の負電圧に立ち下がる立ち下がり時間が、70 ns以上で前記繰り返し周期の1周期未満に設定されたことを特徴とするプラズマエッチング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はプラズマを用いて被処理物の表面処理を行なうプラズマエッチング装置に関し、特に電極に印加するパルス電圧の印加方法の改良に関する。

【0002】

【従来の技術】 プラズマを用いた被処理物表面の処理装置の一例として、誘導結合型(Inductive Coupled Plasma, ICP)反応性イオンエッチング装置のブロック図を図9に示す。チャンパー1内には、反応ガス供給系から反応ガスが導入され、真空ポンプによってチャンパー1内は、所定の圧力に調整される。チャンパー1の上部

(2)

特開2001-351897

2

には、石英窓2上にコイル3が配置されている。このコイル3に第1の高周波電源4から、13.56 MHzの高周波電力を印加すると、チャンパー1内に誘導結合で高密度のプラズマが誘起される。チャンパー1の下部には、被エッチング物である半導体ウエハ5が電極6上に載置されている。この電極6には、第2の高周波電源7から13.56 MHzの高周波電力が印加される。

【0003】 第2の高周波電源7で発生した高周波は、同軸ケーブル9によってオートマッチングユニット10を介して電極6に供給される。電極6と第2の高周波電源7との間は、キャパシタ8(ブロッキングキャパシタ)で直流的に絶縁されるとともに、オートマッチングユニット10でインピーダンス整合が行われ、反射のない状態で電力が供給される。通常この電極6に印加される高周波電圧の電圧波形は、概略正弦波であった。

【0004】 このような構成の誘導結合型反応性イオンエッチング装置では、電極6はキャパシタ8で直流的にはフローティング状態となっているので、第2の高周波電源7によって、図10(a)に示すような概略正弦波の高周波電圧が印加したとき、電極6は図10(b)に示すように、負にバイアスされることになる。この電圧(セルフバイアス電圧)で正イオンが加速されて半導体ウエハ5に衝突し、方向性エッチングを行なう。図10(c)は電極に流れる電子とイオンの電流を示している。

【0005】 図11(a)は、プラズマに対する電極電圧(VE)とイオン電流(Ii)(小さな破線)及び電子電流(Ie)(大きな破線)、及び全体として電極に流れ込む電極電流(実線)との関係を示す。図に示すように、プラズマに対する電極電圧(VE)が負のときは、イオン電流(Ii)が流れ、正に反転した後は、電子電流(Ie)が流れていることがわかる。図11

(b)はイオン電流(Ii)及び電子電流(Ie)の時間に対する関係を示す。図に示すように、電極に生じる高周波電圧(Vrf)がピークするとき、プラズマに対する電極電圧が負から正に逆転し、電子電流(Ie)が流れていることがわかる。電極に生じる高周波電圧の周波数の1周期に流れ込む電子の数とイオンの数は、定常状態にはつりあっていることから、電極の負バイアスはほぼ一定に維持されることになる。

【0006】 このような装置を使用して、微細なパターンを有する半導体ウエハをエッチングする場合、局所的にイオンと電子の入射数のバランスがくずれ、電子シェーディングと呼ばれる問題が発生してしまう。図12に、半導体ウエハ5表面の二酸化シリコン膜11上に積層されたポリシリコン12をホトレジスト13をエッチングマスクとして使用し、エッチングを行った場合の断面図を示す。

【0007】 正イオンは加速されてラインが並んでいるパターンの底面まで到達し、ポリシリコン12をエッチ

3

ング除去する。一方電子は、正イオンのように加速されることはなく、逆に減速されてしまう。その結果、半導体ウエハ5表面に対して水平方向の運動成分が垂直方向の運動成分より大きくなり、ホトレジスト13側面にチャージアップしてしまう。また、パターンのない領域では電子も半導体ウエハ5上の二酸化シリコン膜11上まで到達することができる。その結果、最も外側のポリシリコン14に着目すると、図中左側が右側より負となり、正イオンが左方向に曲げられ、図に示すように、ポリシリコンの一部が逆テーパ状にサイドエッチングされるという問題が発生してしまう。

【0008】この他にも、正イオンと電子が偏在することによって問題が生じてしまう場合がある。たとえば、密に配線された電極につながった金属-酸化物-シリコン(MOS)素子のゲート酸化膜が、配線エッチング中に静電破壊するという問題が発生してしまう。これは、ゲート電極パターンをエッチング中に、前述と同じようにゲート電極パターンのレジスト側壁に電子がチャージアップし、ゲート電極パターン間の底面には、正イオンの入射が多くなる。そのため、ゲート電極がシリコンウエハに対して正にチャージアップしてしまい、静電破壊が発生してしまう。

【0009】更に、絶縁膜に微細なホールを開ける場合には、上部に電子がチャージアップし、底部にイオンがチャージアップすることになる。そのため、入射イオンの進行方向が曲げられるとともに、減速されてしまい、サイドエッチングやエッチングレートが低下するという問題が発生していた。

【0010】以上のような問題を解消するため、電極に印加する電圧をパルス波形とし、パルス電圧が正電圧になる時間を制御する方法や、電子を加速する目的で、パルス電圧の立ち上がり速度やデューティ比を設定する方法が提案されている。

【0011】その一例として、特開平8-241885号公報には、パルス波形の立ち上がり速度を $10^3\text{V}/\mu\text{s}$ 以上でデューティ比5%以下のパルス電圧を印加することで、上記問題を解消する技術が開示されている。しかしながら、このような方法では、必ずしも電子を加速することができない場合がある。たとえば立ち上がり時間を 20ns ($5 \times 10^3\text{V}/\mu\text{s}$)とし、パルス幅 80ns 、立ち下がり時間を 20ns 、パルス周期は $5\mu\text{s}$ と設定した正のパルス電圧(図13a)を電極に印加する。このとき、プラズマに対する電極の電圧(図13b)、実際に電極に生じる電圧(図13c)、プラズマから電極に流れ込む電子とイオンの電流(図13d)をそれぞれ示す。

【0012】電極に生じる電圧(図13c)は、一見上昇しているように見えるが、図13(b)に示すように、電極の電圧はプラズマの電圧より低いままである。具体的には、電流が流れているパルス電圧が最大の時、

(3)

特開2001-351897

4

プラズマに対する電極電圧が -3.5V となっている。したがってこのような条件では、前述の正弦波を印加する場合と比較して、電子を減速することは幾分抑えられるが、電子を加速するには至っていないことがわかる。

【0013】さらに、プラズマに対する電極の電圧(図13b)をみると、パルスの立ち下がり時に大きなオーバーシュートが生じ、それ以外の時間は -10.5V と、ほとんど負電圧が印加されていないことがわかる。これでは、イオンを十分に加速することが難しい。また、オーバーシュートが生じると、イオンの加速エネルギーのバラツキの原因となり、意図したより高速のイオン衝撃が結晶にダメージを与えたり、エッチングの選択比を低下させる原因となってしまう。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】このように、従来提案されている所定の立ち上がり速度を持つ正のパルス電圧を下部電極に印加する方法では、電子を加速してイオンシューディングを防止することができない場合がある。また、十分にイオンを加速することもできないという問題があった。更に、電極とプラズマ間の電位が負側に大きく振れるオーバーシュートが発生するという問題があった。本発明はこれらの問題点を解消し、電子を確実に加速することができる方法を提供することを目的とする。また、オーバーシュートが発生しない方法を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明は上記目的を達成するため、請求項1に係る発明は、チャンバ内にプラズマを発生させるとともに、被処理物を載置させた電極にキャパシタを介して、所定の繰り返し周期を持つパルス電圧を印加することにより、前記被処理物を処理するプラズマエッチング装置において、所定の負電圧から所定の正電圧に立ち上がる立ち上がり時間が、0より大きく、 5ns 未満に設定され、前記電極に電子が流れ込む時間が、0より大きく、前記繰り返し周期の5分の1以下となるように、パルス幅および前記所定の正電圧から前記所定の負電圧に立ち下がる立ち下がり時間が設定されたパルス電圧を前記電極に印加することを特徴とするものである。

【0016】請求項2に係る発明は、請求項1記載のプラズマエッチング装置において、前記電極に電子が流れ込む時間を、前記電極に印加される電圧の正の最高値から電子温度の5倍の電圧まで下がる時間とし、前記パルス電圧のパルス幅及び前記所定の正電圧から前記所定の負電圧に立ち下がる立ち下がり時間が設定されていることを特徴とするものである。

【0017】請求項3に係る発明は、チャンバ内にプラズマを発生させるとともに、被処理物を載置させた電極にキャパシタを介して、特定の繰り返し周期を持つパルス電圧を印加することにより、前記被処理物を処理する

5

プラズマエッチング装置において、所定の負電圧から所定の正電圧に立ち上がる立ち上がり時間が、0より大きく、5 ns未満に設定され、前記パルス幅が、前記繰り返し周期の10分の1以下に設定され、所定の正電圧から所定の負電圧に立ち下がる立ち下がり時間が、0より大きく、前記繰り返し周期の5分の3未満に設定されたパルス電圧を前記電極に印加することを特徴とするものである。

【0018】請求項4に係る発明は、請求項1乃至3いずれか記載のプラズマエッチング装置において、前記パルス電圧は、所定の正電圧から所定の負電圧に立ち下がる立ち下がり時間が、70 ns以上で前記繰り返し周期の1周期未満に設定されたことを特徴とするものである。

【0019】

【作用】本発明では、パルス電圧の立ち上がり時間及び電極に電子が流れ込む時間、あるいはパルス電圧の立ち上がり時間、パルス幅及び立ち下がり時間を所定の範囲に設定することで、イオンと同時に電子も確実に加速することで、電子シューディングをなくす。また、立ち下がり時間を所定の範囲に設定することで、オーバーシュートをなくし、イオンの加速エネルギーのバラツキをなくす。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。図1に本発明に使用する誘導結合型反応性イオンエッチング装置のブロック図を示す。チャンパー1内には反応ガス供給系から反応ガスが導入され、真空ポンプによって所定の圧力に調整される。チャンパー1の上部には、石英窓2上にコイル3が配置され、このコイル3に第1の高周波電源4から、13.56 MHzの高周波を印加することにより、反応ガスと高周波電力が誘導結合し、高密度のプラズマが誘起される。チャンパー1の下部には、被エッチング物である半導体ウェハ5が電極6上に載置され、この6電極には、正のパルス電圧が印加される。

【0021】この正のパルス電圧は、パルスジェネレータ15で発生させた高周波電圧波形を、リニアアンプ16で増幅することにより得られる。この高周波は、50 Ωの同軸ケーブル9によりアッテネータ17、キャパシタ8を介して、電極6に印加される。本発明では、パルスの波形をできるだけ崩さないで電極6に印加させる必要があるため、従来例で説明したようなオートマッチングユニットを入れないのが望ましい。またキャパシタ8は、容量値が大きく、高周波特性の優れたものを用いるのが望ましい。本発明では、トータル容量が200 nFとなるように、複数のキャパシタを並列にして用いた。本発明の高周波電圧を電極に印加する回路では、電極6と同軸ケーブル9とのインピーダンスマッチングがとれないため、反射波が発生する。そのため、反射波がリニ

(4)

特開2001-351897

6

アアンプ16に入るのを防止するため、アッテネータ17を挿入している。

【0022】上記のような装置を用いて、厚さ8 nmの二酸化シリコン膜上の厚さ350 nmのポリシリコン膜をエッチングする場合について説明する。チャンパ1内にポリシリコン膜が積層された半導体ウェハ5を入れ、真空ポンプでチャンパ1内を排気する。次に、反応性ガス供給系から反応ガスとして塩素ガスを100 SCCMでチャンパ内に導入する。圧力調整弁を調整してチャンパ内の圧力を1 Paとする。そして、コイル3に400 W、電極6には、アッテネータ端の電圧計18で測定した電圧が200 Vとなるように高周波電力をそれぞれ供給する。この状態で10秒間保持する（第一ステップ）。これは、ポリシリコン膜表面の自然酸化膜を除去するための工程である。

【0023】次に反応ガスとして臭化水素ガス60 SCCM、塩素ガス20 SCCM、酸素ガス2 SCCMをチャンパ1内に導入する。圧力調整弁を調整してチャンパ1内の圧力を1 Paとする。そして、コイル3に400 W、電極6には、アッテネータ17端の電圧計18で100 Vとなるように高周波電力を供給する。この状態で、ポリシリコン膜がエッチング除去されるまで、約55秒間保持する（第2ステップ）。

【0024】次に反応ガスとして臭化水素ガス100 SCCM、酸素ガス1.5 SCCMをチャンパ1内に導入し、圧力を8 Paに設定する。そして、コイル3に400 W、電極6にはアッテネータ17端の電圧計18で100 Vになるように高周波電力を供給する。この状態で、60秒間保持し、オーバーエッチングを行なう（第三ステップ）。

【0025】上記第二ステップにおいて、アッテネータ17端の電圧計18で測定した電極に印加される電圧（a）、プラズマに対する電極の電圧（b）、プラズマから電極に流れ込む電子とイオンの電流（c）をそれぞれ図2に示す。本実施の形態では、図に示すようにパルス電圧の立ち上がり時間を1 ns、パルス幅を10 ns、立ち下がり時間を80 ns、パルスの周期を500 nsとした。図2（b）に示すように、電極電圧がプラズマの電圧より十分高くなり、正側に大きく振れていることがわかる（図2 b）。具体的には、電流が流れているパルス電圧の最大値の時、電極電圧がプラズマ電圧より22 V高くなっている。このとき電子は、電極に向かって加速されることになる。さらに、パルス電圧が負の時の電極電圧は、ほぼ-40 Vと一定となり、従来例で説明したようなオーバーシュートは発生していないことがわかる。

【0026】エッチングの断面形状を観測した結果も、従来最も外側のポリシリコンに発生していた異常なサイドエッチングの発生もみられなかった。

【0027】電子が加速される条件は、上記の条件に限

50

7

定されるものではない。図3に、パルス幅10ns、立ち下がり時間80ns、パルス周期500nsを一定とし、立ち上がり時間とプラズマに対する電極電圧のピーク値との関係を示している。図に示すように、立ち上がり時間が5nsを越えると、電極電圧がプラズマ電圧に対して負となることがわかる。即ち、立ち上がり時間を5ns未満とすることで、本発明の効果を奏することが可能であることがわかった。

【0028】図4にはパルス幅とプラズマに対する電極電圧のピーク値の関係を示す。ここで、立ち上がり時間1ns、立ち下がり時間80ns、パルス周期500nsとした。図に示すように、パルス幅が0以上、50ns以下のとき、電極電位ピーク値が正となることがわかる。なお、パルス幅がゼロでは、パルス波形は鋸波状になるが、このような波形でも全く問題なく電子の加速を行うことができる。本発明のパルス波形は、方形形状、鋸波形状いずれでも良い。

【0029】図5には立ち下がり時間とプラズマに対する電極電圧のピーク値の関係を示す。ここで、立ち上がり時間1ns、パルス幅10ns、パルス周期500nsとした。この場合、立ち下がり時間が300ns程度まで電極電圧のピーク値が正側に保たれることがわかる。即ち、立ち下がり時間をパルス周期の5分の3以下とすることで、本発明の効果を奏することが可能であることがわかった。

【0030】このように、電極に印加するパルス電圧の立ち上がり時間を5ns未満に、パルス幅を繰り返し周期の10分の1以下に、立ち下がり時間を繰り返し周期の5分の3以下に設定することで、確実にプラズマに対する電極電圧のピーク値を正に保つことができ、正イオンのみならず、電子を加速することが可能となる。

【0031】一方、アッテネータ17端の電圧計18で測定した電極に印加される電圧(a)、プラズマに対する電極の電圧(b)をそれぞれ図6に示す。図に示すように、電極に印加される電圧(図6a)は、図6bのように変化するため、実際に電極に電子が流れ込む時間を制御する必要がある。この条件について種々実験した結果、電極に電子が流れ込む時間が繰り返し周期の5分の1を越えると、電極電位のピークが負になることが確認された。そのため、本発明の効果を奏する範囲は、電極に電子が流れ込む時間が繰り返し周期の5分の1以下である必要があることがわかった。

【0032】電極に電子が流れ込む時間を繰り返し周期の5分の1以下とするために、パルス幅と立ち下がり時間を適宜設定すればよい。たとえば、図6に示す場合、電子電流(I_e)とイオン電流(I_i)の比、 I_e/I_i はおよそ200分の1程度であるので、 $1/200 = \exp(-eV_e/kT_e)$ の関係から、電子温度の5倍程度の負電圧以上のとき、電極に電子が流れ込む。即ち、電子温度が約2eVでは、電極電圧が約-10Vま

(5)

特開2001-351897

8

で電極に電子が流れ込む。したがって、電極電圧が-10V以上に保持される時間を、繰り返し周期の5分の1以下になるように、パルス幅及び立ち下がり時間を設定する必要がある。

【0033】しかしながら、電子が電極に流れ込む時間を精密に測定することは、通常の装置においては容易なことではない。その場合、アッテネータ端での電圧波形を測定し、その電圧が正電圧の最高値から電子温度の5倍まで下がった時間を、電子が流れ込む時間とみなしてパルス幅、立ち下がり時間を制御しても、本発明の効果を奏することができる。図6(a)に示すように、電極電圧のピーク値から電子温度の5倍の電圧まで下がる時間を、繰り返し周期の5分の1以下になるように、パルス幅及び立ち下がり時間を設定してもよい。

【0034】ところで、立ち下がり時間が短くなると、前述の従来例で説明したオーバーシュートが発生してしまう場合がある。図7に立ち下がり電圧とオーバーシュート電圧の関係を示す。図から明らかなように、立ち下がり時間を70ns以上に設定すると、オーバーシュートの発生を防ぐことができることがわかる。

【0035】以上本発明の実施の形態について説明したが、本発明は上記のポリシリコンのエッチングに限定されるものではなく、三塩化ボロンと塩素の混合ガスを用いて、アルミニウム合金層の配線パターンをエッチングする場合、ハフツ化四炭素と酸素の混合ガスを用いて、二酸化シリコン膜等へのヴィアホールを形成する場合等に適用することが可能である。これらのエッチングによっても、MOS型デバイスのゲート酸化膜の静電破壊や加工形状の異常等はみられないことが確認された。

【0036】また、上記反応性イオンエッチング装置の構造に限定されるものでもなく、たとえば、電極に印加する電圧として高電圧が必要な場合、図8に示すようにインピーダンス変換回路19を挿入することも可能である。図に示すように、パルスジェネレータ15で発生したバイアス電圧は、50Ωの同軸ケーブル9を経て、インピーダンス変換回路19に導入され、500Ωに変換され、キャパシタ8を介して電極に印加される。印加される電圧を安定化するため、抵抗性疑似付加(ダミーロード)20で電力を消費させる。インピーダンス変換回路は、パルス波形の変形を防ぐため、コイルとコンデンサからなる受動素子を用いず、パワートランジスタなどの能動素子を用いて、周波数特性の広いものを用いた。

【0037】以上のように構成することによって、1000Vのバイアス電圧の印加が可能となった。シリコン基板に直径0.1μm、深さ2μmのホールエッチングを行う際、エッチングレートの低下や側壁のボーイングなどの問題も生じることなく、良好なエッチング特性を得ることができた。

【0038】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、被

50

処理物に正イオンのみならず電子も加速することができるので、電子シューディングを効果的に防止することが可能となった。特に、微細パターンを形成する際、形状異常が発生することがないので、高性能の電子デバイスを、安定かつ歩留まり良く形成することが可能となる。

【0039】また、加速エネルギーを従来に比べて十分に大きくすると同時に、オーバーシュートを効果的に抑制することができるため、正イオンの加速エネルギーのパラツキを抑え、被処理物に与えるダメージを少なくし、選択比の高いエッチング装置を提供できる。

【0040】本発明では、電極に印加する電圧の波形を所定の条件で設定するのみで良く、装置の構成を複雑にする必要もなく、簡便な構造の装置で実施することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の誘導結合型反応性イオンエッチング装置のブロック図である。

【図2】本発明の実施の形態を説明する図である。

【図3】本発明の実施の形態を説明する立ち上がり時間とプラズマに対する電極電圧のピーク値の関係を示す図である。

【図4】本発明の実施の形態を説明するパルス幅とプラズマに対する電極電圧のピーク値の関係を示す図である。

【図5】本発明の実施の形態を説明する立ち下がり時間とプラズマに対する電極電圧のピーク値の関係を示す図である。

【図6】本発明の実施の形態を説明する電極に電子が流れ込む時間を説明する図である。

【図7】本発明の実施の形態を説明する立ち下がり時間と電極に発生する負電圧のオーバーシュートの関係を説明する図である。

【図8】本発明の別の実施の形態を説明する図である。

【図9】従来の誘導結合型プラズマエッチング装置のブロック図である。

【図10】概略正弦波の電圧を電極に印加する従来例を説明する図である。

【図11】従来の誘導結合型プラズマエッチング装置の電極電圧とイオン電流及び電子電流の関係を示す図である。

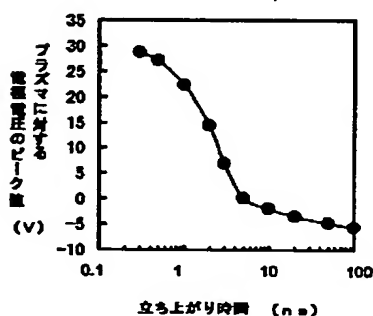
【図12】イオンシューディングを説明する図である。

【図13】パルス波形電圧を電極に印加する従来例を説明する図である。

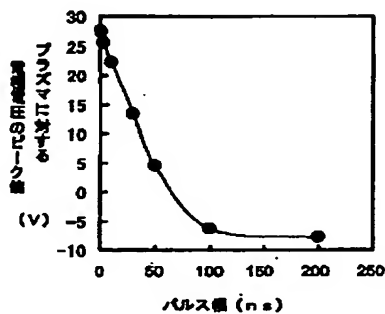
【符号の説明】

- 1 チャンバ
- 2 石英窓
- 3 コイル
- 4 第1の高周波電源
- 5 半導体ウエハ
- 6 電極
- 7 第2の高周波電源
- 8 キャパシタ
- 9 同軸ケーブル
- 10 オートマッチングユニット
- 11 二酸化シリコン膜
- 12 ポリシリコン
- 13 ホトレジスト
- 14 最も外側のポリシリコン
- 15 パルスジェネレータ
- 16 リニアアンプ
- 17 アッテネータ
- 18 電圧計
- 19 インピーダンス変換回路
- 20 抵抗性疑似負荷

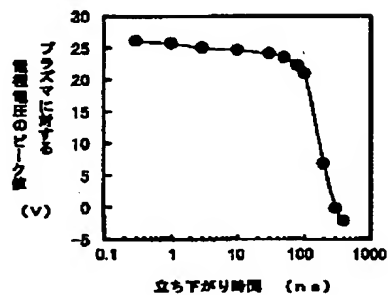
【図3】



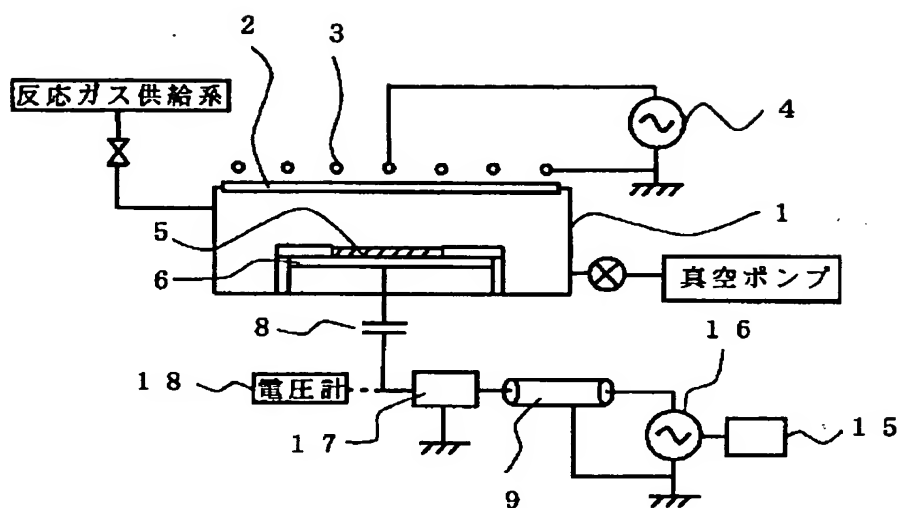
【図4】



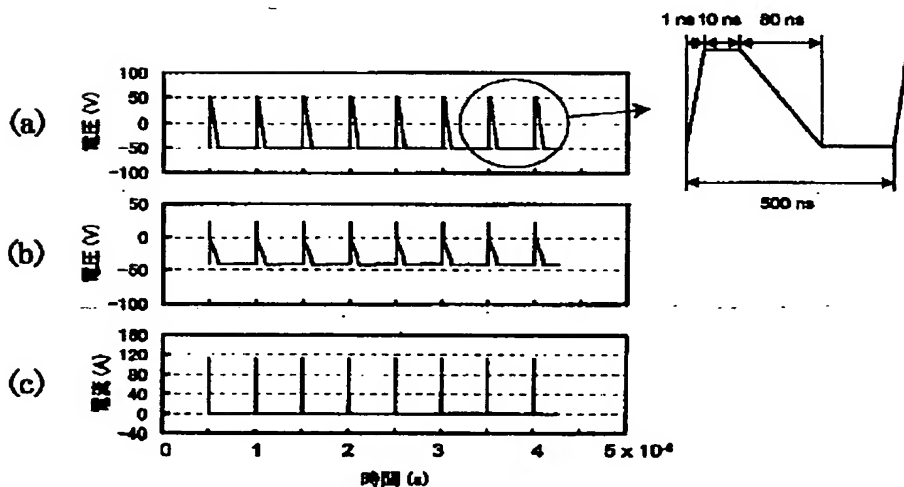
【図5】



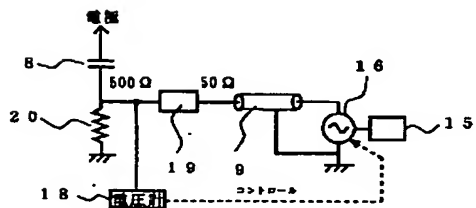
【図1】



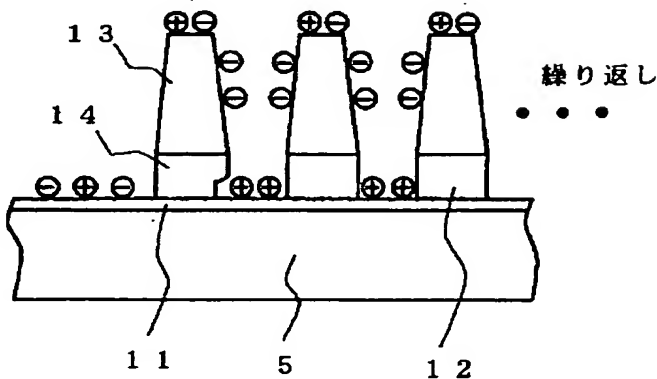
【図2】



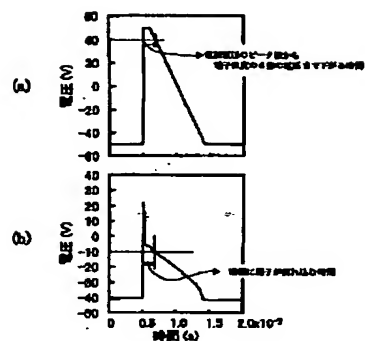
【図8】



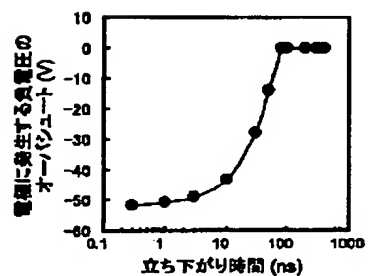
【図12】



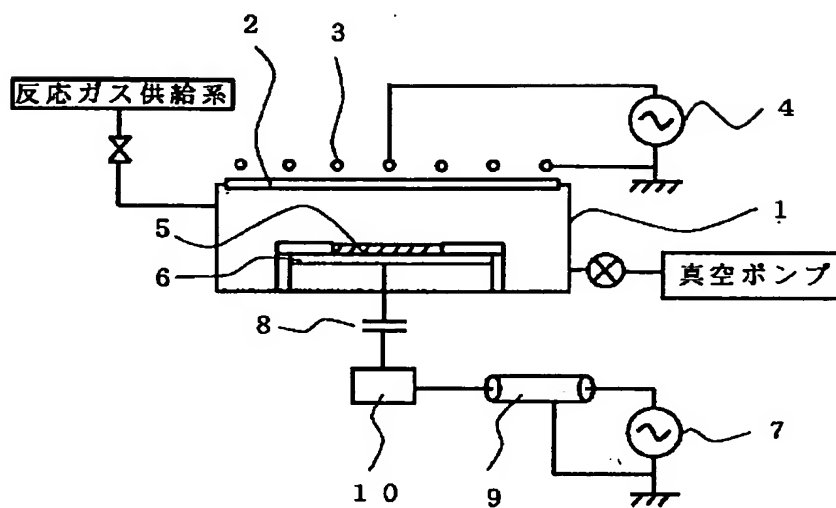
【図6】



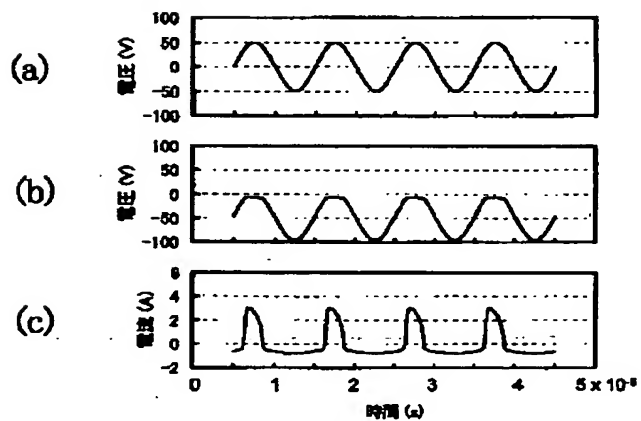
【図7】



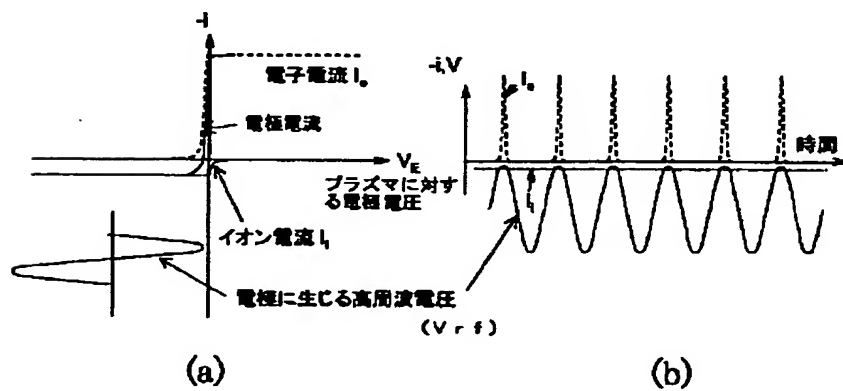
【図9】



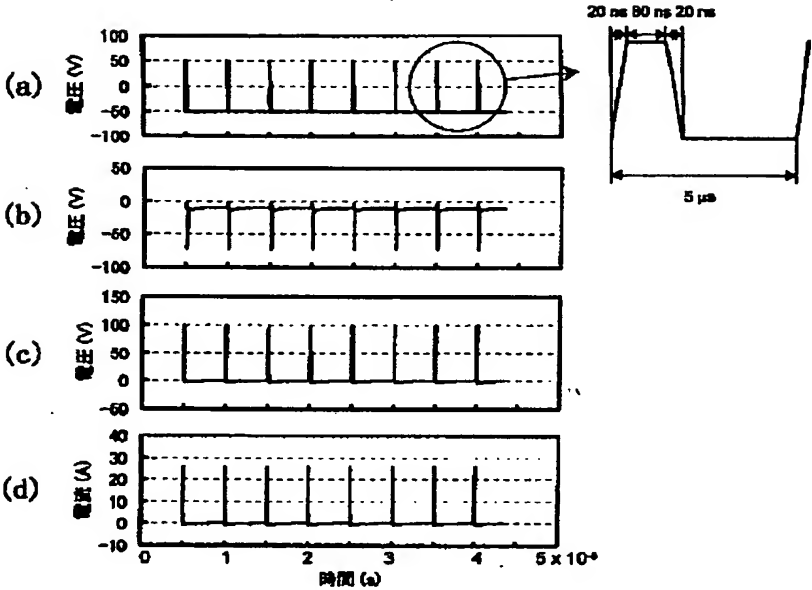
【図10】



【図11】



【図13】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.